

A INFLUÊNCIA DOS PADRÕES DE PRECIPITAÇÃO NO CAUDAL E CARGA ORGÂNICA AFLUENTE NUM SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

THE INFLUENCE OF THE PRECIPITATION PATTERNS ON THE FLOW AND THE AFFLUENT ORGANIC LOAD IN AN URBAN WASTEWATER DRAINAGE SYSTEM

Nuno Lisboa^{a}, Paulo J. Ramísio^b*

^a Tratave, S.A., ^a aluno de Mestrado em Engenharia Urbana da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

^b Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito dos padrões de precipitação nos caudais e cargas afluentes às Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Esta avaliação será suportada por um caso de estudo, com base no qual será desenvolvido um modelo de monitorização quantitativa e qualitativa dos efluentes num sistema intercetor de águas residuais urbanas, com vista à identificação de metodologias para otimizar a gestão ambiental. Depois de uma análise conceptual será analisado, como caso de estudo, a frente de drenagem 4 (FD4) do Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA), especificamente a sub bacia de Nespereira. Como ponto de partida será feito um levantamento cadastral de toda a infraestrutura de drenagem de águas residuais urbanas. No local onde convergem todas as águas residuais afluentes a montante, ponto de aferição contínua dos caudais drenados e de monitorização de parâmetros qualitativos representativos, que posteriormente serão relacionados com os dados pluviométricos é o local de monitorização denominado Zona de Monitorização e Controlo (ZMC). É assim proposto analisar em pormenor o comportamento hidráulico da rede de drenagem, mediante a modelação do sistema com base num modelo hidrodinâmico e, em complemento, estabelecer a combinação com métodos de monitorização e controlo das águas residuais urbanas, quantificando as variações dos caudais e da carga orgânica em diferentes eventos pluviométricos.

Palavras chave – SIDVA; ETAR; Águas Residuais; Modelo Hidrológico; Monitorização Qualitativa.

ABSTRACT

The aim of this work is to assess the effect of rainfall patterns on the main flows and affluent loads of wastewater treatment plants. This evaluation will be supported by a studying based set of circumstances, on which a quantitative and qualitative monitoring model of the effluents in an urban wastewater inter-system will be developed in order to identify methodologies to improve environmental management. After a conceptual investigation, it will be analyzed, as a point of studying, the drainage front 4 (FD4) of the Integrated System of Depollution River Ave Valley (SIDVA) specifically, the sub basin of Nespereira. At the starting point a register survey of the entire urban wastewater drainage infrastructure will be made. At the place where all the upstream wastewater converges, a continuous measurement point of the drained flows will be done as well as the representative qualitative limits monitoring, which later will be related to the rainfall data, a monitoring site called the Monitoring and Control Zone (MCZ). It is thus suggested to analyze the hydraulic behavior of the drainage network in detail by modeling the system based on a hydrodynamic model and, in addition, to establish a combination with urban wastewater monitoring and control methods, quantifying variations in flow rates and organic load in different rainfall events.

Keywords – SIDVA; ETAR; Waste Water; Hydraulic Model; Qualitative Monitoring.

1. ENQUADRAMENTO – DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Nos últimos anos, o resultado de episódios de precipitação localizados origina inundações em áreas urbanas que se tem vindo a agravar, originando crescentes preocupações relacionadas com a exposição e vulnerabilidade das populações a estes fenómenos, Coelho et al. (2004). Não só o aumento da intensidade, como também da frequência de fenómenos de precipitação extrema, possivelmente relacionados com as alterações climáticas, bem como o crescimento dos fenómenos de urbanização, têm gerado aumento dos escoamentos superficiais de águas com origem pluvial que, considerando a sua dimensão, contribuem para grandes prejuízos, sociais, económicos e ambientais.

Na realidade, o crescimento urbano com o inerente aumento de área impermeável do solo, não só contribui para uma redução das infiltrações das escorrências pluviais, diminuindo assim a recarga de aquíferos e provocando um aumento do escoamento superficial, como também torna os sistemas de drenagem de águas residuais urbanos vulneráveis a afluições indevidas durante o período destes episódios.

A problemática associada às afluições indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais urbanas afeta transversalmente todas as entidades gestoras, constituindo-se como uma das principais fontes de ineficiência do setor. Estas afluições não constituem apenas um problema económico, como geralmente é considerado pelas entidades gestoras, mas também um problema de saúde pública e de sustentabilidade ambiental, uma vez que após atingida a limitação hidráulica dos sistemas de drenagem, pontualmente, surgem derrames de efluentes para a via pública e para as linhas de água, com as consequências ambientais daí inerentes.

As redes de drenagem de águas residuais construídas em Portugal foram criadas no pressuposto da separação entre águas residuais e águas pluviais. No entanto, inúmeros fatores contribuem para que os sistemas de drenagem sejam pseudoseparativos. Verifica-se ainda que, aquando da expansão de áreas urbanas, muitas das linhas de água são entubadas e ligadas à rede mais próxima, muito frequentemente à rede de águas residuais domésticas.

A forma de entrada das afluições indevidas nos sistemas de drenagem de águas residuais são distintos, podendo surgir através das tampas e câmaras de visita, de infiltrações pelas juntas nos troços dos coletores e ainda de afluições clandestinas, quer de águas pluviais, quer de efluentes industriais, à rede de drenagem de águas residuais urbanas, Amorim (2007).

Nas últimas décadas temos assistido a um elevado crescimento das infraestruturas urbanas, associado às necessidades das populações. Estas ampliações têm merecido a atenção das entidades gestoras, em especial com a implementação de projetos que necessitam de continuada atualização cadastral das infraestruturas, Paulo (2004). No setor das águas, os programas de apoio financeiro denominados por “Portugal 2020” visam promover não só a fiabilidade, como também a eficácia e ainda a eficiência dos sistemas, com o objetivo direcionado para a sustentabilidade do setor, com aplicabilidade para a drenagem de águas residuais, componente da água que será tratada neste trabalho. Verifica-se uma mudança de paradigma na importância atribuída à gestão das águas, na sua componente de águas residuais urbanas, onde se inclui a drenagem, o tratamento, a depuração e a devolução ao meio hídrico das águas residuais urbanas tratadas.

A sustentabilidade económica das entidades gestoras de sistemas de drenagem de águas residuais urbanas está inteiramente relacionada com a capacidade de uma gestão continuada na mitigação das afluições indevidas, tendo merecido objeto de diferentes estudos, ex. Fletcher et al. (2012).

As sociedades modernas adotaram, como solução do problema associado ao saneamento, a criação de infraestruturas de drenagem e tratamento de águas residuais que contêm, desde logo, limitações, não só hidráulicas, mas também na sua operacionalidade e gestão. A mitigação das afluições indevidas pode ser diminuída, através de sistemas de informação capazes de incorporar o elemento espacial, possibilitando melhorias quer no planeamento, quer na gestão dos sistemas. A correta avaliação quantitativa e qualitativa de controlo das condições de escoamento, permitem detetar as afluições indevidas nos sistemas de drenagem, sendo fundamental seccionar a rede por sub trechos, com a instalação de dispositivos que permitam realizar uma avaliação quantitativa e qualitativa temporal e espacial dos efluentes.

Nos sistemas de drenagem de águas residuais quando é atingido o limite hidráulico do sistema, principalmente durante os episódios de chuva forte, há transbordo dos efluentes combinados para as linhas de água, sendo identificados como poluentes perigosos para espécies biológicas (Becouze et al. 2009, Gasperi et al. 2008). De forma a otimizar os objetivos gerais de um sistema de drenagem devem ser implementadas medidas que previnam a poluição das zonas

que recebem estes efluentes. Os gestores de sistemas de drenagem que contêm o incremento de outras águas têm direcionado a atenção para a quantidade dos efluentes, desconsiderando a poluição acumulada nas infraestruturas, Cembrano et al. (2014).

Os sistemas de drenagem de águas residuais urbanos são tipicamente infraestruturas enterradas e visitáveis através das caixas de visita. As anomalias existentes são detetáveis de forma direta e muitas vezes a entidade gestora apercebe-se de que alguma coisa não está bem através de sintomas exteriores, como derrames e alteração das características visuais das linhas de água, ausência mas também aumento abrupto dos caudais no sistema de drenagem. A caracterização de um diagnóstico da situação obriga à utilização de instrumentos de apoio, assim como os dispositivos de medição de caudal e de monitorização qualitativa. Estes dados serão fundamentais, no caso específico da avaliação da influência dos padrões de precipitação nos caudais e carga orgânica afluentes a ETAR em sistemas de drenagem de águas residuais urbanas, para validação dos modelos hidrológicos. Os programas informáticos permitem inserir os dados do terreno com facilidade, através do preenchimento de interativo de formulários claros e sintéticos. Assim, a gestão de uma infra-estrutura de drenagem pode ser melhorada através de sistemas informáticos que incluam também a componente espacial.

A área de estudo, a bacia de Nespereira, está inserida no município de Guimarães, abrangendo parte da área urbana a sul no município, compreendendo freguesias com aglomerados urbanos dispersos e um tecido industrial relevante, nomeadamente do setor têxtil. São exemplo as freguesias de Urgezes, Pinheiro, Polvoreira, Nespereira e Moreira de Cónegos, freguesias servidas por um sistema de drenagem de águas residuais urbanas em alta, o intercetor de Nespereira, que recebe efluentes do tipo doméstico de 37 bacias de drenagem (sistema em baixa) e do tipo industrial. O intercetor de Nespereira faz parte da Frente de Drenagem 4 do Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA). Na figura 1 apresenta-se a Frente de Drenagem 4 do SIDVA.

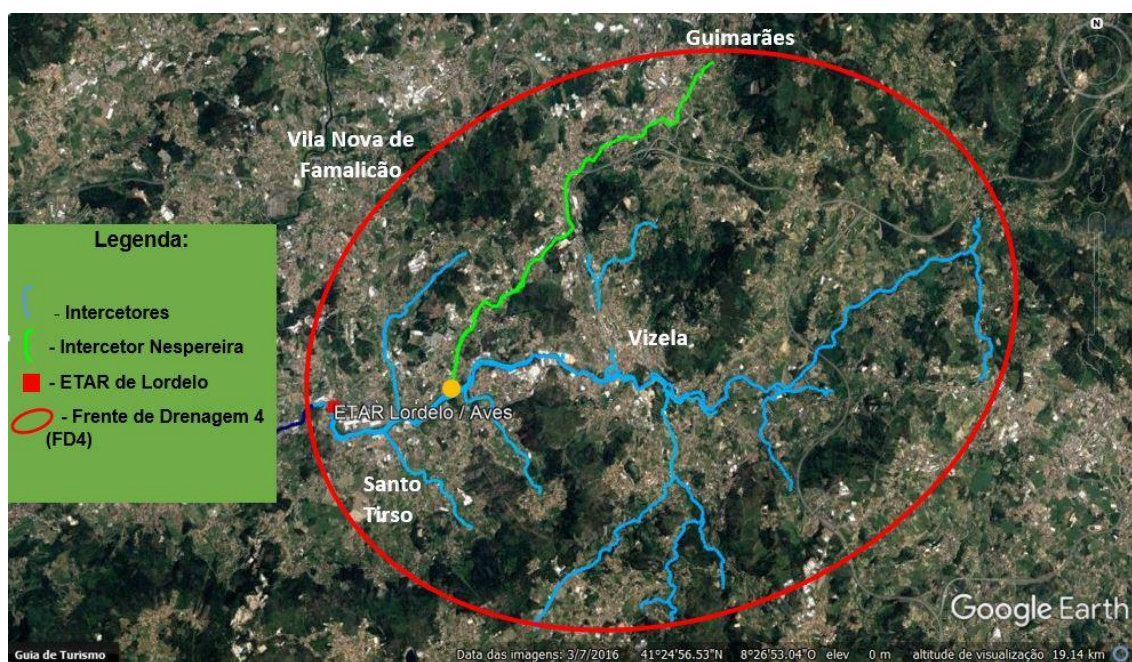


Figura 1 – Frente de Frenagem 4 – Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave

É a empresa Tratave que explora e gere o Serviço Público de Drenagem, Depuração e Destino Final das Águas Residuais do (SIDVA), detendo um contrato de concessão exclusivo de 25 anos e que teve início a 29 de outubro de 1998. Este sistema de despoluição nasceu da necessidade de reverter a degradação da qualidade as águas da bacia do Ave, reflexo do crescimento industrial mais acentuado na década de 80 do século XX, a partir das descargas dos efluentes industriais e domésticos para as linhas de água. A solução adotada passou por uma solução intermunicipal integrada para a drenagem e tratamento conjunto de águas residuais industriais e domésticas do médio Ave. O SIDVA é composto por 126 km de intercetores em alta, incluindo 5 ETAR, Serzedelo I e II, Lordelo, Rabada e Agra, dispondo de uma capacidade de tratamento instalada de 137.000 m³/dia o equivalente a 920.000 hab. Atualmente o SIDVA dispõe de uma

rede com cobertura adequada à área geográfica, no entanto, por se encontrar localizado no médio Ave, local onde se verificam episódios de elevada precipitação que se agravam através das alterações climáticas, e por deter um contributo de efluentes de origem industrial significativo, são desde logo, fatores perturbadores ao seu normal funcionamento. Para mitigar estes efeitos no sistema, a Tratave implementou um sistema integrado de monitorização dos caudais nas principais sub bacias do SIDVA, resultando não só, na diminuição das aflúências indevidas, como também, na obtenção de um histórico representativo dos caudais drenados em diferentes episódios meteorológicos.

2. METODOLOGIAS

Para melhorar a gestão e controle dos sistemas de drenagem do SIDVA, e aproveitando os dados de caudais derivados do sistema de monitorização de caudais no sistema de drenagem, a Tratave integrará na gestão de uma das redes de drenagem também a variável qualitativa. Esta variável, que se fará incidir em especial na componente orgânica, permitirá aferir parâmetros qualitativos dos efluentes em tempo real, que serão relacionados com os dados quantitativos. Para o efeito foi escolhida a sub bacia do Nespereira, na FD4, por conter uma dimensão representativa e por drenar uma componente de efluente industrial relevante. Permitindo assim proceder-se à recolha dos elementos necessários para a descrição física do sistema de drenagem de águas residuais em alta e em baixa (cadastro das redes, assim como, extensão das tubagens e diâmetros, caixas de visita, cotas de tampa e de soleira, tipo de solo e outros elementos físicos). Na figura 2 apresenta-se a área de estudo.

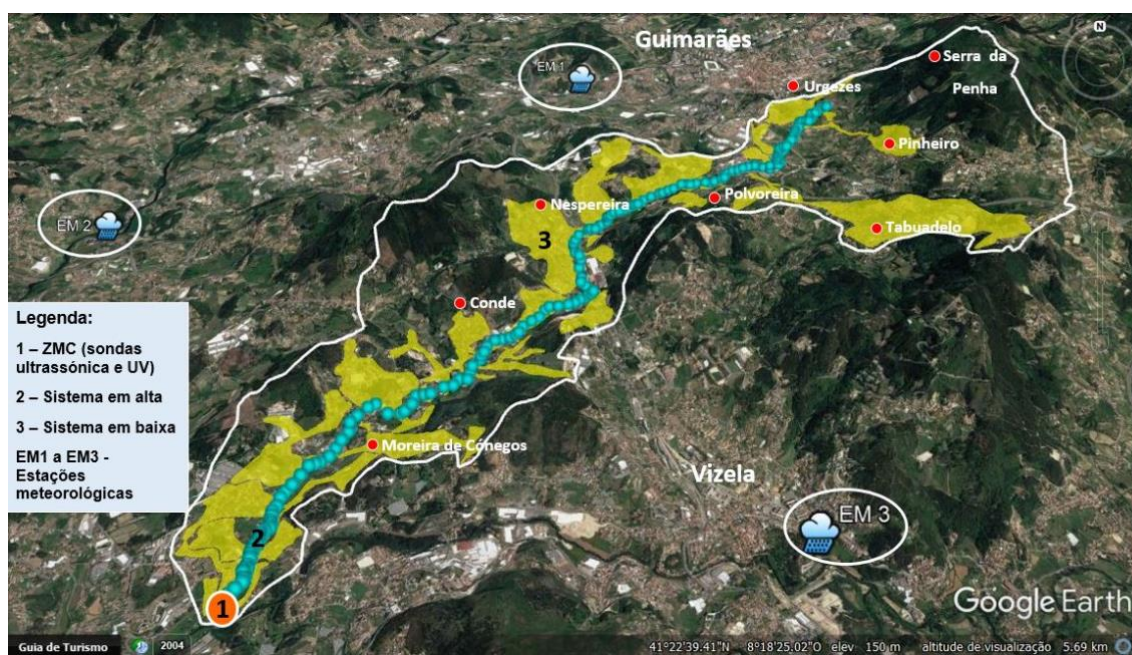


Figura 2 – Área de estudo - bacia de Nespereira

Após realizada uma vasta pesquisa sobre metodologias para análise e avaliação da qualidade em sistemas de águas residuais urbanas, e apesar dos esforços, não foi possível obter trabalhos publicados exclusivamente em sistema de águas residuais unitários. Isto porque, os estudos realizados têm sido canalizados para sistemas de drenagem combinados (SDC) através das simulações de controlo em tempo real (CTR) usando o SWMM 5 (versão SWMM 5.1.011). No entanto, a maioria dos modelos de CTR aplicados aos SDC tem-se apenas focado nos modelos com objetivos de controlo hidráulicos, desconsiderando a carga da qualidade poluente transportada na água, Cembrano et al. (2004). As poucas referências que consideram modelos de controlo da qualidade, principalmente através do uso de ferramentas de simulação, permitem estimar a complexidade associada à caracterização qualitativa do efluente. Neste sentido, serão usadas as metodologias de modelação qualitativa utilizando o SWMM, que permitem otimizar a integração da modelação e controlo em sistema de drenagem combinados, Rathnayake (2015).

2.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

Para se avaliar a qualidade dos efluentes drenados em diferentes cenários pluviométricos será instalada uma sonda da marca *Hach Lange*, modelo *UVAS plus* na ZMC. Esta sonda foi concebida para aferir a carga orgânica sem adição de reagentes, através do coeficiente de absorção espectral (SAC - *Spectral Absorption Coefficient* - 254nm) no meio. O princípio de medição considera que os compostos orgânicos dissolvidos na água em geral absorvem luz UV, por este motivo, a medição da absorção de UV constitui um parâmetro total independente para a carga de matéria orgânica dissolvida na água. A sonda emersa do UVAS compreende um fotómetro de absorção de um feixe múltiplo com compensação eficaz da turbidez. O controlador respetivo controla o processo de medição utilizando um fotómetro em *flash*, com uma limpeza mecânica da janela de medição e exibe os valores medidos com SAC254 em 1/m. Para a instalação da sonda na conduta foi feita uma incisão no coletor na ZMC, para fixação de um suporte, garantindo assim que o sensor fique emerso e colocado no sentido do efluente. Na parte exterior será construída uma caixa em alvenaria para proteção do dispositivo de conversão e garantir autonomia ao funcionamento da sonda. Os valores medidos são fiáveis através da medição direta de UV. Este equipamento de manutenção reduzida apresenta na sua composição exterior robustez, em aço inox, podendo ser aplicado em condições ambientais adversas, como na monitorização de sistemas de drenagem de águas residuais. Permitirá, continuamente, obter valores para diferentes parâmetros totais do efluente através da correlação com o SAC. Os valores medidos serão validados através dos resultados laboratoriais de amostras pontuais em laboratório acreditado. No quadro 1 apresentam-se os parâmetros que se irão analisar.

Quadro 1 – parâmetros usados para caracterização qualitativa do efluente

Parâmetros obtidos através da correlação com SAC	Unidades
CQO (carência química de oxigénio)	(mg O ₂ /l)
CBO ₅ (carência bioquímica de oxigénio)	(mg O ₂ /l)
SST (sólidos suspensos totais)	(mg/l)
Azoto total	(mg N/l)
Fósforo total	(mg P/l)

2.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DAS ÁGUAS RESIDUAIS URBANAS

Para a determinação dos caudais da sub bacia, na foz do intercetor de Nespereira, será dado seguimento ao método de medição de caudal desenvolvido por Pereira et al. (2017), onde o nível do escoamento em superfície livre numa caixa de visita de um intercetor de águas residuais é determinado por uma sonda ultrassónica, e usando as equações completas de Saint Venant é possível converter o nível medido pela sonda ultrassónica em caudal, medindo em tempo real os caudais drenados.

Para minimizar os erros inerentes à medição do nível, foi necessário proceder-se a uma incisão no intercetor, para colocação de uma estrutura de suporte para fixação da sonda diretamente sobre a tubagem, conseguindo assim controlar troços de rede com geometria mais simples quando comparadas com as geometrias nas caixas de visita, Pereira et al. (2017), conforme se demonstra na figura 2.

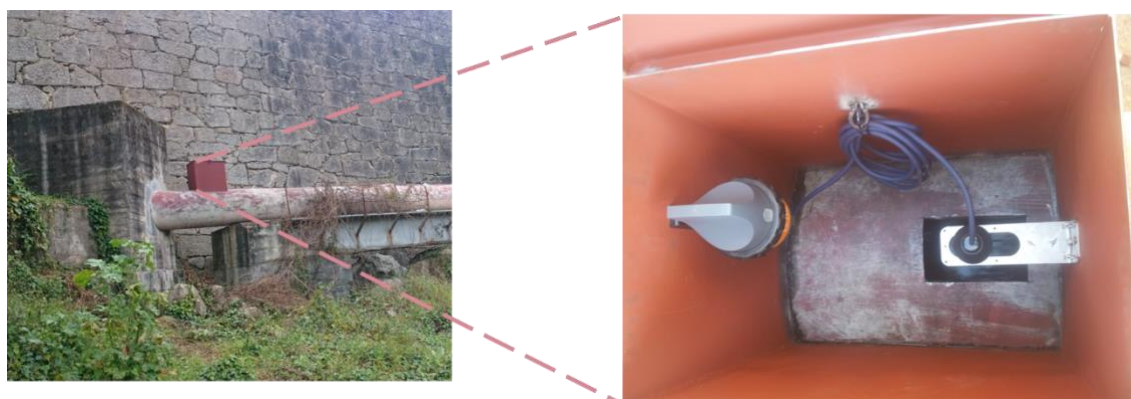


Figura 2 – Estrutura tipo para colocação de sensor ultrassónico (fonte, Tratave)

Posteriormente será validado o modelo hidrológico através do *Software SWMM (Storm Water Management Modelling)* da *USEPA (United States Environmental Protection Agency)*, que permitirá ainda simular problemas de modelação hidrodinâmica e hidrológica. Na simulação do modelo inserir-se-á toda a informação relevante inerente ao sistema de drenagem, assim como os dados altimétricos das caixas de visita e dos coletores, mas também as localizações geográficas, com o objetivo de se determinar alturas de escoamento nas caixas de visita em diferentes cenários de caudal, registando-se nas diferentes simulações os respetivos níveis de escoamento e as velocidades. Estes dados serão comparados com os dados a obter no terreno através do uso de flutuadores para a determinação da velocidade e pelas alturas de escoamento “*in situ*” registadas nas caixas de visita. Esta informação será utilizada na quantificação das rugosidades reais dos coletores, Pereira et al. (2017).

2.3 DETERMINAÇÃO DA PLUVIOSIDADE

Os dados pluviométricos serão obtidos através de estações meteorológicas e de dados hidrométricos que se encontram junto à área em estudo.

2.4 INSTALAÇÃO DOS SENSORES DE MONITORIZAÇÃO

Aproveitando os equipamentos já existentes do sistema de monitorização de caudais no sistema de drenagem implementado pela Tratave, serão usados os dados das estações meteorológicas (PCE-FWS 20) que se encontram colocadas na estação elevatória de Lagoas (Vizela) e na ETAR de Serzedelo (Guimarães), assim como, do sensor ultrassónico que se encontra instalado na foz do intercetor do Nespereira. De forma a melhorar os resultados do estudo, serão incluídos tanto a estação meteorológica que se encontra no Laboratório da Paisagem (Guimarães), como a sonda de qualidade UV (Hach, modelo UVAS plus), que juntamente com a sonda ultrassónica compõe a Zona de Monitorização e Controlo (ZMC) de Águas Residuais Urbanas no intercetor de Nespereira, 4ª Frente de Drenagem do SIDVA. No quadro 2 apresentam-se dados detalhados dos sensores usados no estudo.

Quadro 2 – características dos equipamentos usados no estudo

Equipamentos	Marca e modelo	Tecnologia de medição	Tipo de instalação	Variáveis a medir	Verificação /calibração	Localização
ZMC	Sofrel - LT US	Ultrasónico	Sobre a tubagem	Nível	<i>In situ</i>	Foz do Intercetor do Nespereira
ZMC	Hach - UVAS plus	Ultravioleta	Na tubagem em contacto com o líquido	SAC - Spectral Absorption Coefficient – 254 nm	<i>In situ</i> / laboratório	Foz do Intercetor do Nespereira
EM1			Elevado do solo	Temperatura, precipitação, pressão atmosférica	<i>In situ</i>	Laboratório da Paisagem Guimarães
EM2	PCE - FWS 20		Elevado do solo	Temperatura, precipitação, pressão atmosférica	<i>In situ</i>	ETAR de Serzedelo
EM3	PCE - FWS 20		Elevado do solo	Temperatura, precipitação, pressão atmosférica	<i>In situ</i>	Estação elevatória de Lagoas - Vizela

3. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho consiste em avaliar os efeitos de diferentes padrões de precipitação num sistema de drenagem de águas residuais urbanas (SDARU), e definir estratégias ativas de controlo e monitorização dos efluentes em contexto de padrões de precipitação diversos, a partir de uma sub bacia de drenagem de águas residuais bem definida, numa lógica de procura de melhoria de eficiência da gestão global do sistema de drenagem. Para o efeito, é proposta uma abordagem que integre uma atuação concertada relativamente à criação de um modelo de modelação matemática do SDARU, que servirá de apoio a uma gestão técnica racional, auxiliando as atividades de manutenção e operação, destacando-se em particular a identificação de danos nas infraestruturas de drenagem e consequente reabilitação, e definição de ações de fiscalização, contribuindo para a mitigação de aflúências indevidas. Um modelo que permita a definição de estratégias de atuação no terreno, dirigidas para uma melhoria da eficiência no planeamento estratégico de gestão da infraestrutura. Não menos importante será a análise dos dados da qualidade do efluente que permitirá perceber quando existem anomalias na rede, visto a área de estudo ser uma sub secção da Frente de Drenagem 4 é mais fácil detetar em tempo útil a origem dessas anomalias. Isto porque, quando acontecem descargas de lamas ou a descarga de efluentes com níveis de toxicidade não regulamentados, existe um efetivo perigo para as pessoas afetas às atividades de manutenção no sistema de drenagem e tratamento, e consequente implicação na qualidade do tratamento em ETAR.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Paulo Ramísio no apoio e paciência demonstrada no desenvolvimento do trabalho.

Ao Diretor Geral da Tratave, Eng.º Cláudio Costa, pela disponibilidade dos meios e pela sua envolvimento relativamente ao tema.

À Vimágua pela partilha do cadastro das bacias de drenagem de águas residuais em baixa.

Ao Eng.º António Pereira pela ajuda e partilha de conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- Amorim, Hélder António Alves de 2007. *Dissertação de Mestrado - Afluências Indevidas aos Sistemas de Drenagem de águas Residuais*. Lisboa : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2007.
- C. Becouze, J. - L. Bertrand - Krajewski , A. Demb'el'e, C. Cren Oliv'e and M.Coquery. Preliminary assessment off luxes of priority pollutants in storm water discharges int wourbancatchments in Lyon Proceed. of the 13th IWA intern. confer. on Diffuse Pollu. and Integ Waters Manage.,Seoul, Sout hKorea, 2009.
- Coelho, C.A., Valente, S.M. e Carvalho, T.M., 2004. *A percepção social das alterações climáticas e do risco de cheia*. Em 7o Congresso da Água. Lisboa: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, pp. 1–13.
- G. Cembrano, J. Quevedo, M. Salameiro, V. Puig, J. Figueras and J. Mart'í. Optimal control of urban drainage systems. A case study. *J. Contr. Engin. Pract.*, 12 (1): 1-9, 2004.
- J. Gasperi, S. Garnaud, V. Rocherand R. Moilleron. Priority pollutants in waste water and combined sewer overflow. *J. Scien. of theTot. Environ.*, 407 (1) : 263–272, 2008.
- Paulo, Carla Vaz. 2004. *As redes como um modelo de dados geográfico em evolução: Caso prático num SIG*.
http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_IV_Congresso_APG/Actas_CD/Comunica/cart_tecn/redes.pdf,
acedido em 6 de novembro de 2017.
- Pereira et al, 2017. *Programa Doutoral em Engenharia Civil da Universidade do Minho, Guimarães, Portugal CTAC- Centro do Território, Ambiente e Construção, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal*
- T.D. Fletcher, H. Andrieu, P. Hamel. 2012. *Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters*. Advances in Water Resources, Elsevier, Volume 51, January 2013, Pages 261–279. doi: 10. 1016 / j. advwatres. 2012.09.001.
- U. Rathnayake. Multi-objective optimization of combined sewer systems using SWMM 5.0. *J. Civil Eng. Architect. Res.*, 2(10): 985-993, 2015.